

Menneske og indeklima

Professor P.O. Fanger*
Laboratoriet for Varme- og Klimateknik

Energibesparelser

At opretholde indeklimaet i vore bygninger er verdens mest energiforbrugende aktivitet. Omkring en trediedel af verdens og halvdelen af Danmarks energiforbrug anvendes til dette formål. Det er derfor naturligt, at de senere års bestræbelser for at spare energi i særlig grad har samlet sig om dette område.

Flere klager

Visse besparelsesforanstaltninger og anvendelse af nye bygningsmaterialer har samtidigt medført et øget antal klager over indeklimaet i praksis. De fleste mennesker i Danmark tilbringer over 90 pct. af deres levetid i et indeklima, og det er derfor ikke mærkeligt, at der er en betydelig interesse for effekten af indeklimaet på mennesker. Det er naturligvis vigtigt, at indeklimaet ikke medfører sygdom, men yderligere forventes det, at indeklimaet også er behageligt eller hvert fald acceptabelt. Og i arbejdslokaler ønskes det yderligere, at indeklimaet skal være godt og stimulerende for det arbejde, der udføres. Indeklimaet er en vigtig del af arbejdsmiljøet.

Sundhed og komfort

Tværfaglig forskning

Vor nobelpristager August Krogh satte gang i indeklimateforskningen i Danmark i fyrrerne, og siden er aktiviteten gradvist blevet udbygget. I halvfjerdsenerne er der således opbygget fremragende forsøgsfaciliteter bl.a. omfattende klimakamre på flere laboratorier i Danmark. Ved koordinering af forskningsaktiviteterne, der har udpræget tværfaglig karakter, er der etableret et frugtbart og produktivt miljø for indeklimateforskning i Danmark.

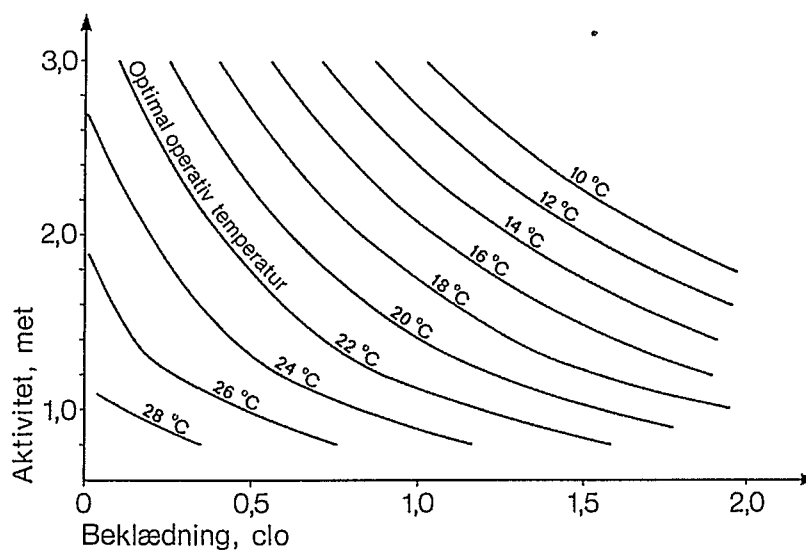
I nærværende artikel omtales indeklimateforskningen på Danmarks tekniske Højskole. Aktiviteterne inddeles naturligt i det termiske, det atmosfæriske og det akustiske indeklima.

Termisk indeklima

Menneskets varmebalance og dets termiske komfort påvirkes både af lufttemperaturen, middelstrålingstemperaturen, lufthastigheden og fugtigheden. Endvidere har beklædning og aktivitet betydning. På Laboratoriet for Varme- og Klimateknik, VK (74), blev der for nogle år siden opstillet en model, der fastlægger de kombinationer af ovennævnte fak-

*Instituttokoderne
fråmgår af side 6*

*Artiklen er baseret på bidrag fra medarbejderne ved en række institutter.



Figur 1. Kurverne viser den optimale operative temperatur i afhængighed af menneskets aktivitet og beklædning. Typisk kontorarbejde = 1.2 met. Typisk indendørs vinterbeklædning = 1 clo.

Komfortligning

International standardisering

Komfortstyring

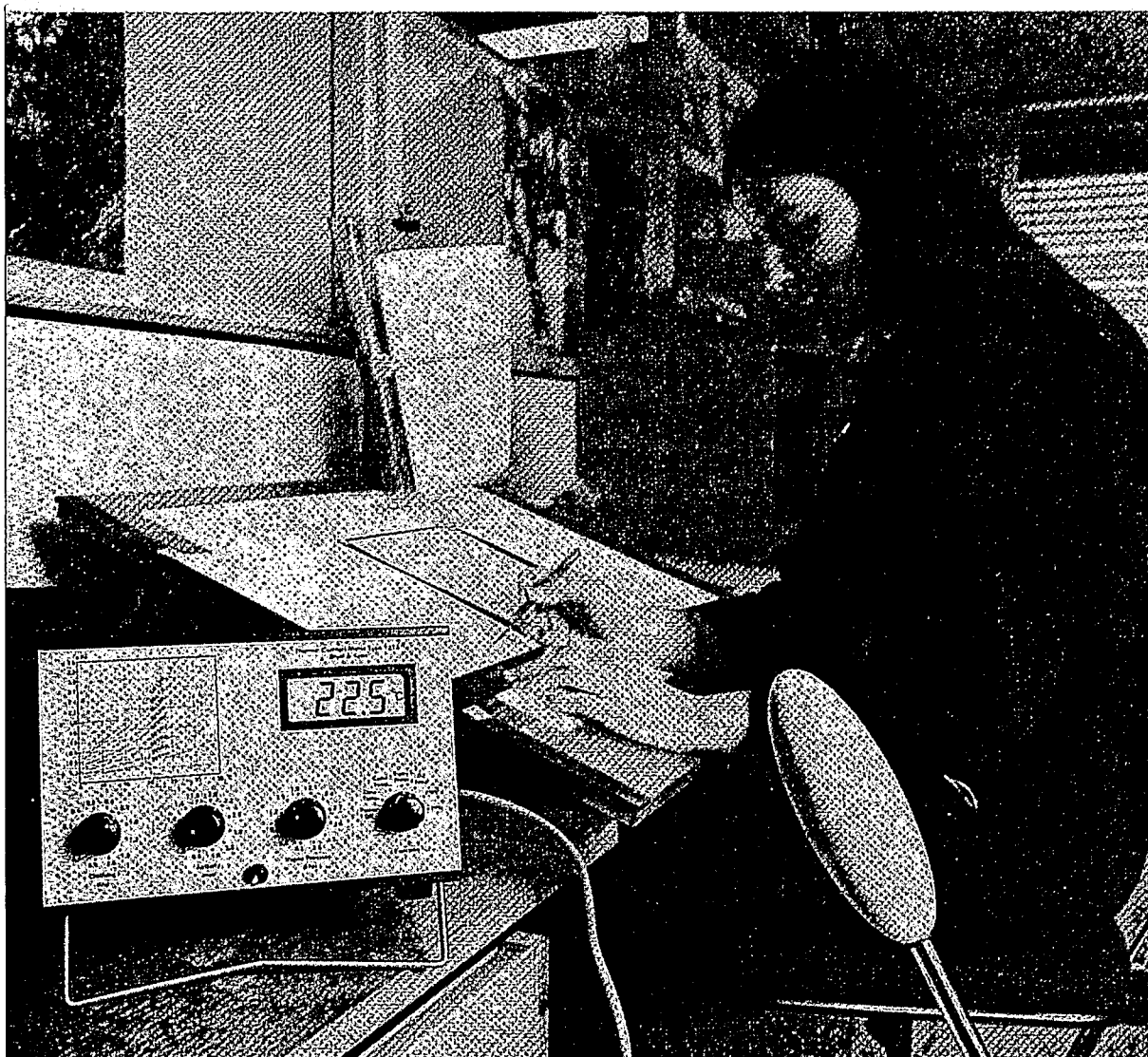
torer, der medfører termisk komfort for mennesker (komfortligningen). Figur 1 viser eksempelvis effekten af beklædning og aktivitet. Denne model benyttes bl.a. i tre nye forslag til standards for bedømmelse af termisk indeklime udarbejdet af ISO (International Organization for Standardization, NKB (Nordisk komité for bygningsbestemmelser) og af ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Baseret på komfortligningen er der senere på Laboratoriet for Varmeisolering, LFV (64), udviklet et komfortinstrument, der integrerer effekten af de fysiske faktorer på samme måde som det menneskelige legeme. Firmaet Brüel & Kjær A/S har videreudviklet instrumentet (figur 2).

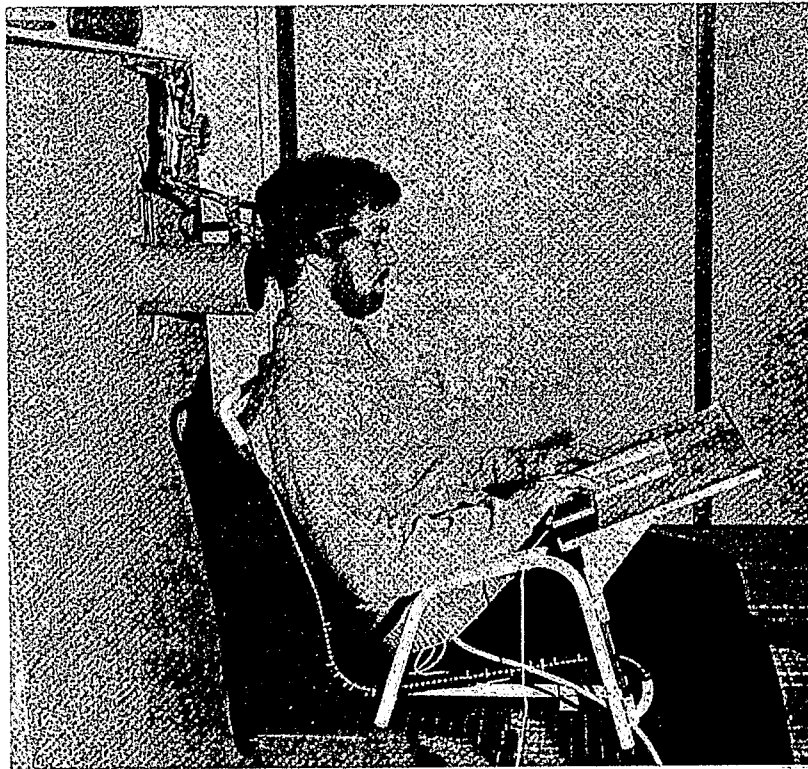
Det samme princip er anvendt til at forbedre reguleringen af det termiske indeklime. Der er udviklet en ny indeklimestyring som, i stedet for at opretholde en konstant rumtemperatur, opretholder optimal termisk komfort ud fra kendskabet til brugerens fysiske aktivitet og beklædning. På »komfortstaten« indstilles disse parametre direkte, medens en føler kontinuerligt foretager en integreret måling af rummets luft- og middelstrålingstemperatur samt af eventuelle luftbevægelser. Udfra disse data beregner apparatet den forventede grad af termisk komfort og korrigerer varme anlæggets ydelse indtil komforttilstanden er optimal. Komfortstaten er foreløbig testet i et lavenergihus, hvor den har vist sig i stand til at opretholde et mere konstant indeklime end traditionelle termostater. Dette har desuden medført et reduceret energiforbrug, fordi uønskede overtemperaturer undgås.

Lokal diskomfort

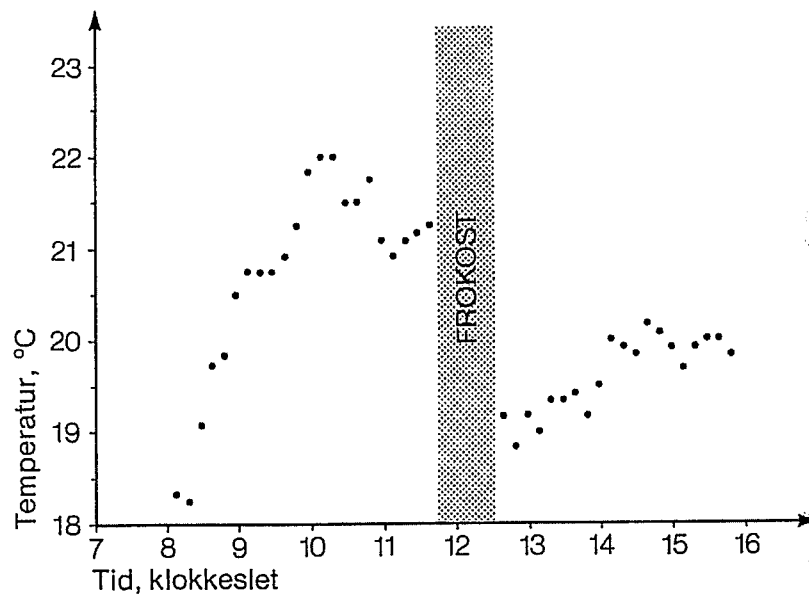
Omgivelsernes samlede termiske effekt på mennesket er ikke tilstrækkelig til at vurdere menneskets komfort. Det er yderligere vigtigt, at der ikke opstår lokal diskomfort noget sted på kroppen. Dette kan fx skyldes strålingsasymmetri i rummet hidrørende fra store kolde vinduer, et strålevarmeloft mv. Et netop afsluttet arbejde på VK har fastlagt grænser for strålingsasymmetri, så mindre end 5 pct. af befolkningen vil føle ubehag.

Figur 2. Komfortmåler med opvarmet føler der integrerer effekten af det termiske indeklima på samme måde som mennesket. Beklædning og aktivitet indstilles og operativ temperatur, komforttemperatur og forventet middelvotering (PMV) kan direkte aflæses på instrumentet. Komfortmåleren er udviklet på DTH og vil blive produceret af Brüel & Kjær.





Figur 3. Opstilling til måling af grænser for træk. Forsøgsperson udsættes for en luftstråle i nakken med hastighedsfluktuationer af varierende amplitude og frekvens.



Figur 4. Den optimale operative temperatur i løbet af en 8-timers arbejdsdag. Resultaterne er baseret på klimakammerforsøg omfattende 50 personer beskæftiget med normalt kontorarbejde.

Træk

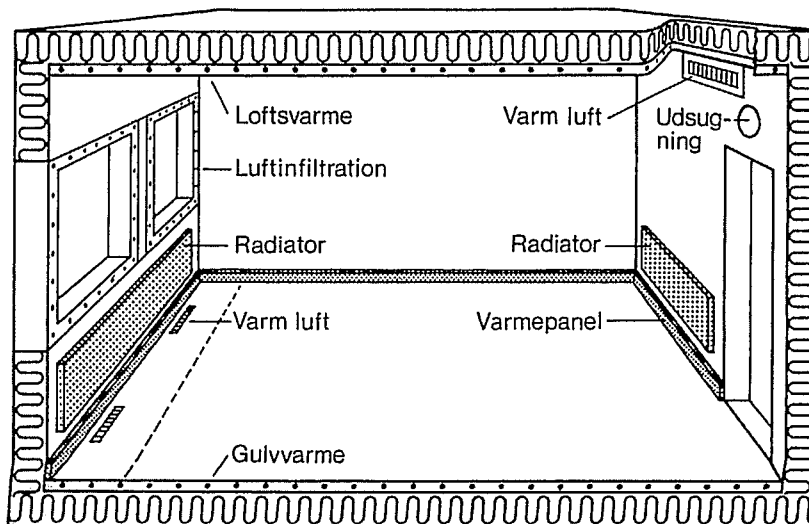
Træk er en hyppig årsag til klager ikke mindst på arbejdspladser. Et arbejde på VK har vist, at det ikke blot er selve lufthastighedens størrelse, men i særlig grad fluktuationerne i hastigheden, der medfører det ubehag, der kaldes træk (figur 3). Fluktuationer i typiske rum i praksis er identificeret, og grænser for træk bliver nu undersøgt som funktion af lufttemperaturen ved personforsøg i laboratoriet.

Komfort i løbet af dagen

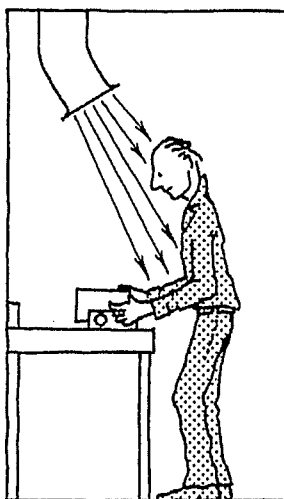
På VK undersøges nu termisk komfort under instationære forhold. Det har vist sig, at der eksisterer en ikke ubetydelig variation i komfortbetingelserne i løbet af dagen. Figur 4 viser fx variationen i den optimale temperatur i løbet af en normal arbejdsdag ved kontorarbejde. Afbildningen er baseret på klimakammerforsøg der omfattede 50 forsøgspersoner iklædt normal indendørs vinterbeklædning. Det viste temperaturforløb indebærer særdeles interessante potentielle muligheder for energibesparelser ved drift af varme- og klimasystemer.

Opvarmningsmetoder

Det termiske indeklima i et rum afhænger af opvarmningsmetoden. På VK er der opbygget et forsøgsrum (figur 5), der kan opvarmes med radiatorer, konvektorer, gulvvarme, strålevarme eller varmluft. Formålet med forskningsprojektet var at sammenligne energiforbruget og komforten ved forskellige opvarmningsmetoder. Det viste sig, at opvarmningsmetoden kan influere væsentligt på varmetabet, når bygningen er dårligt isoleret. Men i højisolerede bygninger er forskellen mellem energiforbruget ved anvendelse af de undersøgte opvarmningsmetoder mindre end 10 pct.



Figur 5. Forsøgsrum til måling af komfort og energiforbrug ved anvendelse af forskellige opvarmningsmetoder.



Figur 6. På varme arbejdspladser vil det ofte være fordelagtigt at køle arbejderen direkte. Ved konvektiv køling undersøges effektivitet og acceptabilitet af luftstråler med varierende hastighed, temperatur og geometri.

Indeklimamålinger i lavenergihuse

Ved feltforsøg er der foretaget en analyse af det termiske indeklima i de seks lavenergihuse i Hjortekær. Der er foretaget kontinuerlige målinger af indeklimaet både sommer og vinter. Om vinteren var det som ventet muligt at opretholde en optimal termisk komfort i alle husene. Om sommeren derimod afhang husenes evne til at modstå påvirkninger fra solen både af husenes masse og af vinduernes størrelse og orientering. Det var imidlertid i flere af husene muligt at forblive i komfortområdet hele døgnet, selv i en solrig sommerperiode, uden at åbne vinduer eller døre. Man kan altså her komme hjem til et lukket hus efter en varm dag og finde et behageligt indeklima. Man kan have glæde af at bo i et fornuftigt dimensioneret lavenergihus, også uden for fyringssæsonen.

»spotcooling«

For at opnå energibesparelser er det nærliggende at søge at opvarme eller køle personen direkte snarere end hele rummet. I den »varme« industri vil det således undertiden være muligt at etablere »spotcooling« af den enkelte arbejder snarere end at køle hele rummet. I et projekt finansieret af EF er der på VK undersøgt den fysiske, fysiologiske og subjektive effekt af forskellige kølemetoder (figur 6).

Opvarmede stole

Tilsvarende undersøges muligheden for lokal opvarmning af personer. På LFV udvikles forskellige typer af opvarmede stole forsynet med strålepaneler (figur 7). En ringe elektrisk effekt overføres ved varmestråling til personen, så der kan holdes et lavere temperaturniveau i rummet. Udover energibesparelsen opnås at personer med forskellig aktivitet og beklædning kan opretholde termisk komfort i det samme rum. De kan regulere deres eget lokale varmeanlæg efter ønske. En undersøgelse af acceptabiliteten blandt forsøgspersoner er planlagt.



Figur 7. Opvarmet stol udviklet på DTH. Et varmeskjold overfører bagfra varme til personen ved stråling så der kan holdes et lavere temperaturniveau i rummet.

Arbejdsbeklædning

Beklædningen har en vigtig indflydelse på de foretrukne termiske omgivelser. Anvendelse af passende beklædning medfører ikke blot potentielle energibesparelser, men kan på mange arbejdspladser være den eneste mulighed for at opnå acceptabel termisk komfort. Udvikling af metoder til karakteristik og måling af termiske og fugtmæssige egenskaber ved arbejdstøj er en påtrængende opgave, der er taget op af VK. Et treårigt forskningsprojekt finansieret af EF udføres i samarbejde med Centre de Bioclimatiques i Strasbourg. Et vigtigt udstyr er en termisk mannequin udviklet på LFV. Med dukken kan de termiske egenskaber af typiske ar-



Figur 8. Ved forsøg i klimakammer undersøges de termiske egenskaber af typiske arbejdsbeklædninger. Der anvendes forsøgspersoner og en termisk mannequin. Hudtemperaturer, varmetab og isolering måles for 16 forskellige dele af kroppen.

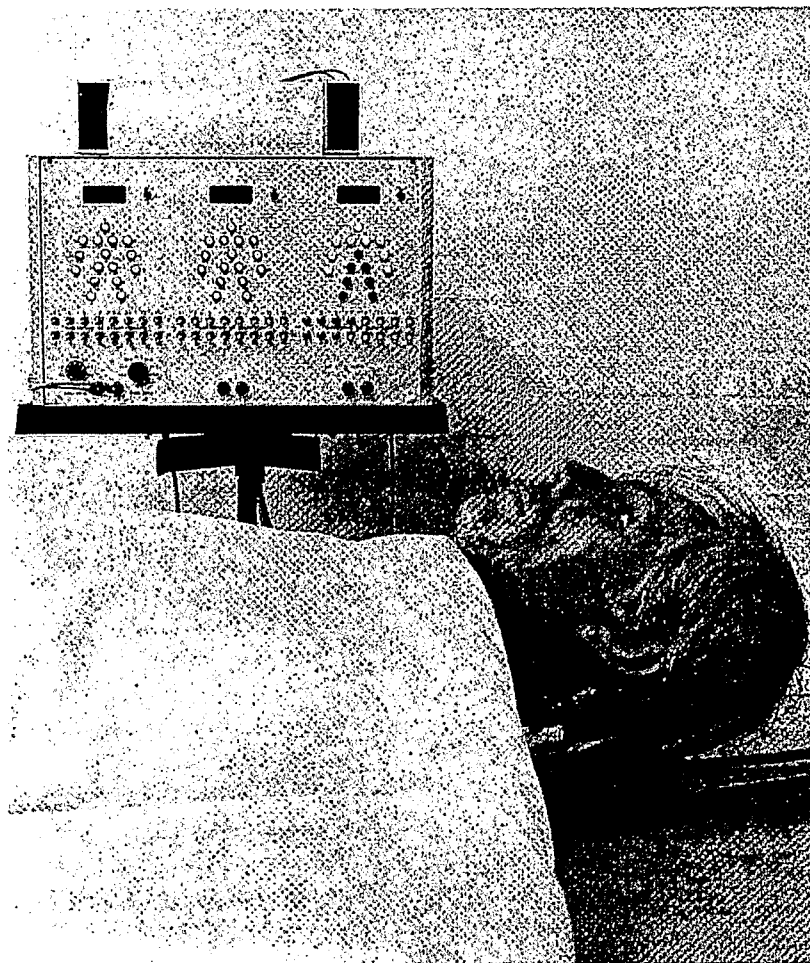
bejdsbeklædninger med forskellige tekstilfibre, tykkelse og konfektion måles og sammenlignes med målinger på forsøgspersoner (figur 8).

Kolde arbejdspladser

I tilknytning hertil er der planlagt en feltundersøgelse af arbejdsmiljø og beklædning på kolde arbejdspladser i kødindustrien. Dette arbejde foregår i samarbejde med August Krogh Instituttet ved Københavns Universitet.

Dyners
termiske egenskaber

For valget af passende sengetøj på hospitaler, hoteller og i almindelige boliger er det af betydning at kunne kvantificere de termiske egenskaber for dyner. I samarbejde med *Nordisk Fjerfabrik* har LFV udarbejdet en ny metode til bestemmelse af dyners termiske egenskaber. Ud fra målinger med den termiske mannequin er der fundet en empirisk sammenhæng mellem dyners konstruktion og rumvægt samt fyldets art og var-



Figur 9. Metode til måling af dyners termiske egenskaber er udviklet i samarbejde med Nordisk Fjerfabrik.

meledningsevne (figur 9). Det er nu muligt uden måling på selve dynen at angive et rumtemperaturområde, inden for hvilket dynen vil skabe termisk komfort under søvn. Det kan forventes, at dyner fremover vil blive varedeklareret med angivelse af et sådant komforttemperatur-interval.

Atmosfærisk indeklima

Det atmosfæriske indeklima omfatter luftens sammensætning eller kvaliteten af den luft der indåndes. Indeluften forurenes fra mange kilder, koncentrationerne af forureningskomponenterne må ved passende ventilation holdes nede på et niveau, der er acceptabelt for mennesker, og som ikke truer sundheden.

Forurening af indeluft

I bestræbelserne på at spare energi har man i de senere år ofte tætnet bygningerne og mindsket eller standset ventilationsanlæggene. Dette har i mange tilfælde medført en uacceptabel forurening af indeluften. Da de fleste mennesker opholder sig mere end ti gange længere inde end ude, er forureningen inde betydeligt vigtigere for sundheden end luftforureningen ude.

Forureningskomponenter

Forureningerne omfatter et bredt spektrum af komponenter. De vigtigste er radon, kuldioxid, kvælstofdioxid samt en hel række afgasningsprodukter fra bygningsmaterialer, møbler mv., hvoraf formaldehyd måske er mest kendt. Endvidere tobaksrøg, støv og lugtstoffer fra mennesker, madlavning, processer, mv.

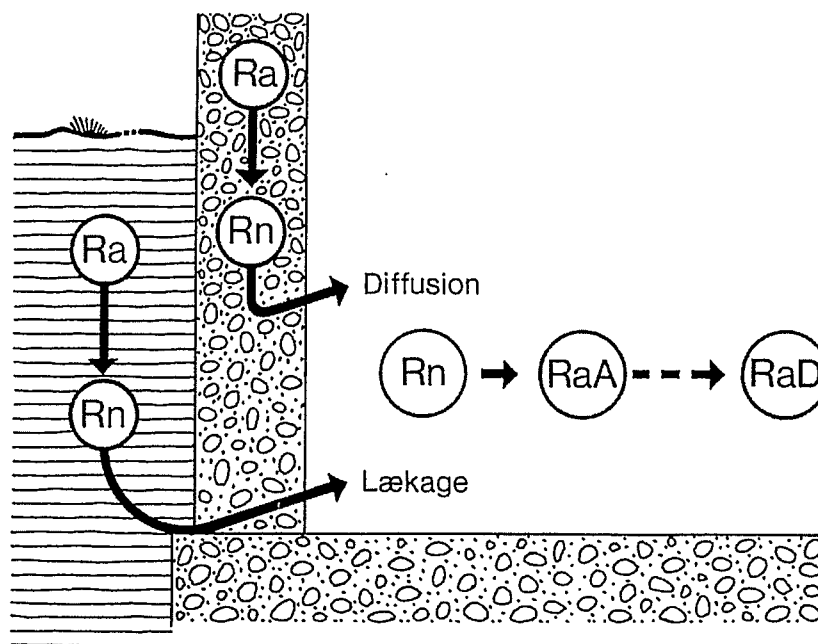
Radon

Radon exhales fra visse bygningsmaterialer, navnlig beton og mursten, der indeholder små mængder radioaktive materialer. Endvidere kan radon trænge ind i bygningen direkte fra jordbunden gennem lækage i mure og gulv (figur 10). Radon er en α -radioaktiv luftart, der ved henfald giver anledning til fremkomsten af en række radioaktive stoffer, af hvilke de såkaldte kortlivede radon-døtre har særlig interesse. Disse stoffer, som i stor udstrækning er partikelbundne, kan efter indånding ved udfældning i luftvejene give anledning til en radiologisk belastning af organismen, som antages at kunne forårsage carcinogene skader.

Ved Laboratoriet for Teknisk Fysik I, LTF I (13), er der igennem nogle år foretaget grundlæggende studier af exhalationsmekanismens natur, ligesom den specifikke exhalation af radon er målt for en lang række byggematerialer. Herudover er der målt niveauer af såvel radon som dets datterprodukter i en række bebyggelser, heriblandt i lavenergihusene i Hjørring. Det gennemgående træk er, at man i de fleste bebyggelser kun finder meget lave koncentrationer, men at en del huse dog, og især om vinteren ved nedsat luftskifte, viser aktivitetsniveauer af en højde, som man i hvert fald i lande som Sverige og Canada og i visse stater i USA finder betænkeligt høje.

Filtrering

Inden for det sidste år er der ved LTF I endvidere foretaget undersøgelser af virkningen på luftbåren radioaktivitet af cirkulation og filtrering af luften. Det viser sig, at man ved filtrering af luften gennem finfiltre får en meget større sænkning i aktivitetsniveauet end filtreringen direkte kan forklare. Dette skyldes, at man ved filtreringen sænker luftens indhold af kondensationskerner, hvorved flere radon-døtre forbliver frie (ikke partikelbundne) og derfor lettere diffunderer til væggene. Denne sænkning modvirkes derfor til en vis grad af, at de frie radon-døtre også lettere udfældes i luftvejene og derfor giver en større belastning af organismen. Dette forhold undersøges i øjeblikket nærmere. Som en udløber af undersøgelserne over filtrering, arbejdes der også med muligheden af at måle et rums luftskifte ved måling af de relative koncentrationer af en eller flere radon-døtre.



Figur 10. Radon afgives til rumluften fra beton og mursten og kan ved lækage trænge ind i huset direkte fra jordbunden. Radon henfalder til radon-døtre, der ved indånding kan medføre lungekræft.

Kropslugt

I forsamlingsrum, auditorier og klasselokaler er den væsentlige forurening kropslugt. Ventilationsbehovet vokser omtrent med anden potens af antallet af mennesker i lokalet. Eksisterende standarder for ventilation er baseret på amerikanske forskningsresultater fra trediveerne. På VK undersøges nu ventilationsbehovet bl.a. i afhængighed af antallet af mennesker og af temperaturen. Forsøgene gennemføres på DTH ved at sammenligne intensiteten af kropslugt fra forskellige auditorier med forskellig belægning og ventilation.

CO₂-styring
af ventilation

Som reference anvendes et olfactometer (se figur 11). Det undersøges om der kan opstilles en rimelig korrelation mellem CO₂-indholdet i luften og lugtintensiteten. En styring af ventilationen efter luftens indhold af kuldioxid indebærer interessante potentielle energibesparelser.

Luftforurening i
lavenergihuse

I boliger er det navnlig radon, formaldehyd og andre afgangningsprodukter, der kan give anledning til bekymring, specielt i tætte huse med lavt luftskifte. I samarbejde med Hygiejnisk Institut ved Aarhus Universitet undersøges luftkvaliteten nu i de seks lavenergihuse i Hjortekær og endvidere i nul-energihuset. Disse huse er ved systematisk anvendelse af eksisterende teknik gjort meget tætte, dvs. det naturlige luftskifte er omkring $0,05 \text{ h}^{-1}$. Mekanisk ventilation er nødvendig for at opretholde en acceptabel luftkvalitet. Mekanisk ventilation indebærer samtidig muligheden for at anvende varmegenvindingsprincippet.



Figur 11. En forsøgsperson sammenligner intensiteten af kropslugt fra et auditorium med lugten af butanol ved anvendelse af et olfactometer. Ventilationsbehovet i forsamlingsrum ønskes fastlagt.

Akustisk indeklima

For at kunne opstille normer for tilladelige støjpåvirkninger i forskellige omgivelser, er det nødvendigt at råde over pålidelige objektive metoder til måling af støjens egenskaber. Ligeledes er det nødvendigt, at man ud fra disse måleresultater er i stand til at vurdere støjens indflydelse på de mennesker, der opholder sig i den.

Man må naturligvis stille det krav, at støjen ikke medfører skader på hørelsen; men af stor vigtighed er det også at undgå uheldige, psykiske virkninger. Dette sidste kan være vanskeligt at opfylde i praksis, da det i almindelighed er vanskeligt at forudsige menneskers reaktioner på en given støjpåvirkning.

For enkelte støjtyper som fx industristøj eller flystøj har man udviklet metoder til at vurdere støj af en af disse typer i forhold til anden støj af samme type. For stationær industristøj fx har man i mange år benyttet det A-vejede lydtrykniveau til denne vurdering.

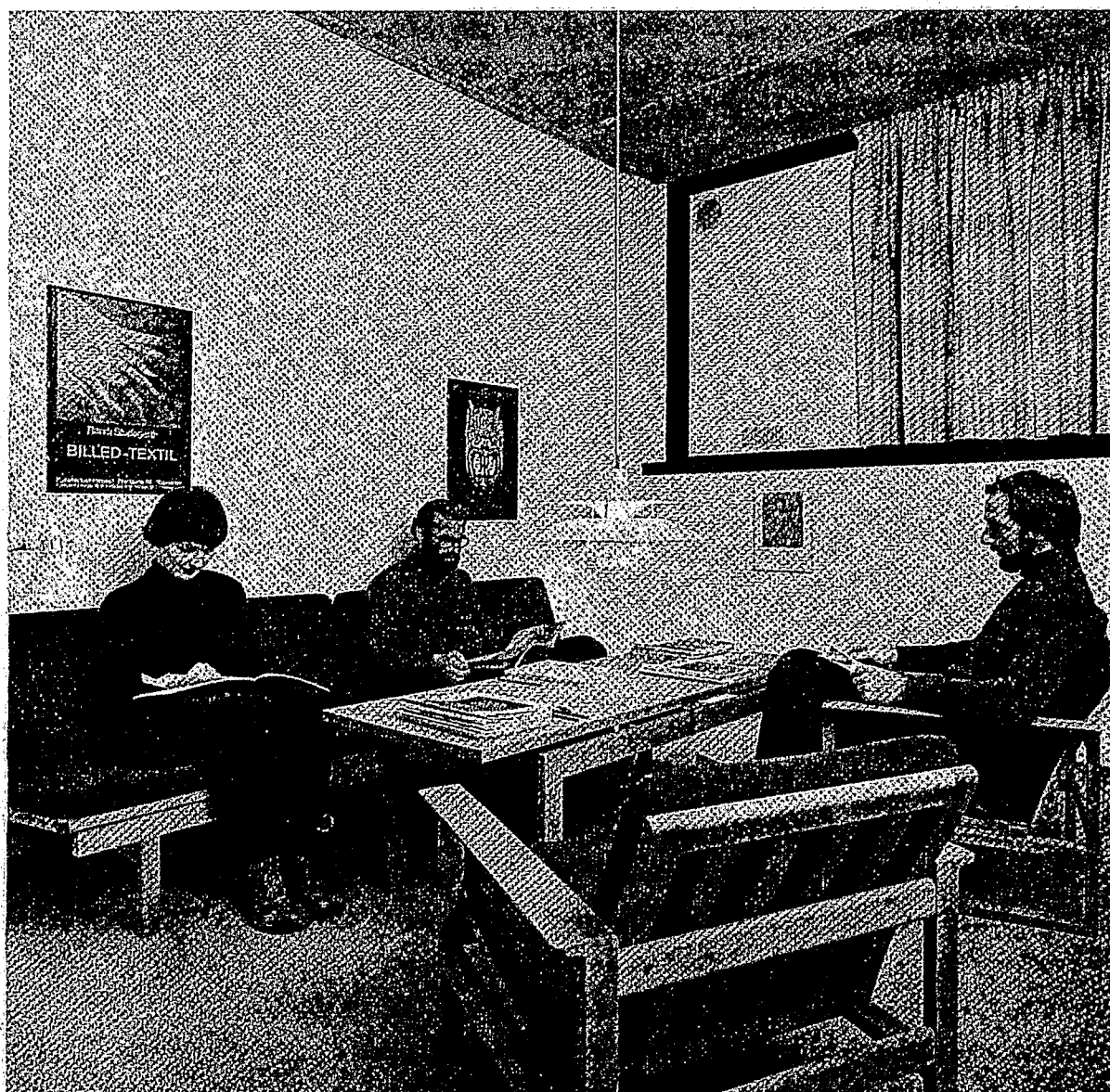
Vurderingens pålidelighed nedsættes imidlertid, hvis man prøver at vurdere støj af afvigende type med de sædvanligt benyttede mål. For eksempel viste det sig i slutningen af 50'erne, at støj fra jetfly ikke umiddelbart kunne sammenlignes med støj fra propelfly, da den subjektivt følte gene for de to støjtyper var meget forskellig, skønt det A-vejede lydtrykniveau var det samme. Dette førte til indførelse af nye målemetoder, der søgte at tage hensyn til, at støjspektrets form påvirkede genevirkningen.

Et andet eksempel på støj af afvigende type er virksomhedsstøj med rentonekomponenter. Disse antages i almindelighed af forøge støjens genevirkning; men tilføjelsen af en hørbar rentonekomponent vil i reglen ikke have nogen væsentlig indflydelse på det A-vejede lydtrykniveau.

Måling af
genevirkning

På Laboratoriet for Akustik, LA (51), er der udviklet en metodik til måling af genevirkning for forsøgspersoner, der bliver påvirket af støj i et specielt indrettet målerum på laboratoriet. Rummet er indrettet som en dagligstue med en sofagrube (figur 12). Skjult i loftet er der anbragt højttalere, ved hjælp af hvilke forsøgspersonerne kan udsættes for forskellige støjpåvirkninger. Formålet med undersøgelserne er at finde sammenhænge mellem den subjektivt oplevede gene og støjens objektivt målelige egenskaber. Der er således fra forskellige sider foreslået et stort antal objektive støj mål, som i større eller mindre grad tager hensyn til støjens karakteristika, som for eksempel støjens energiindhold og den statistiske spredning af lydtrykniveauet. En af forsøgsserierne omfattede et bredt udsnit af de i dagligdagen forekommende støjtyper i områder omkring lufthavne. Resultaterne viste, at blandt de undersøgte støj mål gav det ækvivalente, konstante lydtrykniveau den bedste beskrivelse af genevirkningen.

Figur 12. Laboratorierum til undersøgelse af støjs genevirkning. Skjult i loftet er anbragt højttalere, ved hjælp af hvilke forsøgspersonerne kan udsættes for forskellige støjpåvirkninger.



Impulsstøj

Støj, som indeholder impulslyde, udgør et særligt problem. I forbindelse med en revision af den gældende standard for vurdering af støjbelastningen i boligområder og lignende (ISO 1996), er et større internationalt samarbejdsprojekt under forberedelse. Formålet med projektet, der delvis finansieres af EF og delvis af nationale midler, er at tilvejebringe et forbedret grundlag for vurdering af genevirkningen af impulsstøj. Fire laboratorier deltager i undersøgelsen, nemlig et engelsk (ISVR, Southampton), et hollandsk (TNO, Delft), et vesttysk (Inst. für Lärmschutz, Düsseldorf) samt et dansk (LA (51)). I første omgang benyttes tre forskellige lyde til undersøgelsen: Støj fra en rambuk, som er optaget ved bygningen af Lyngbyvejen for få år siden, støj fra en skydebane samt støj fra en meget stærkt trafikeret motorvej i ca. 1 km afstand. I modsætning til de to første indeholder den sidstnævnte støjtype ikke impulslyde, og den fungerer altså som en slags reference. I hvert af de deltagende laboratorier foretages undersøgelser med de tre lyde, idet forsøgspersoner skal vurdere genevirkningen, når det ækvivalente, konstante lydtrykniveau er henholdsvis 49, 56, 63 og 70 dB. Hver enkelt støjeksponering har 5 minutters varighed, og imens skal den enkelte forsøgsperson prøve at forestille sig, hvor generende støjen ville være i egen bolig. Forsøget forventes gennemført i løbet af 1981, og derefter vil eventuelt følge en ny, større forsøgsserie.

Resultaterne af dette projekt kan bl.a. danne grundlag for at afgøre, om der bør gives en eller anden form for genetillæg for impulslyde, og i givet fald hvor stort dette tillæg bør være.

Høreapparater

Det akustiske miljø som mennesket færdes i til daglig er af stor betydning i mange forhold, for eksempel ved dimensionering og prøvning af høreapparater. I samarbejde med et italiensk forskningsinstitut og en dansk høreapparatfabriks forskningsafdeling er der gennemført omfattende registreringer og vurderinger af dagligdagens lyde for på den baggrund at udvide vort kendskab til den lydverden, vi færdes i.

International standardisering

En del af forskningen ved LA har tilknytning til arbejdet i de store internationale standardiseringsorganisationer: IEC (The International Electrotechnical Commission) og ISO (The International Organization for Standardization). Blandt IEC's arbejdsgrupper kan nævnes én, der har til formål at udarbejde akustiske prøvningsforskrifter for elektriske husholdningsmaskiner. Det er formålet at fastlægge målestørrelser og målemetoder med henblik på forbrugeroplysninger for vaske- og opvaskemaskiner, støvsugere, varmeblæsere m.m. Blandt ISO's arbejdsgrupper kan tilsvarende nævnes én vedrørende måling af støj fra anlæg eller komponenter til opvarmning, ventilation og luftkonditionering.

Akustisk projektering

I mange boliger, kontorer, skoler mv. er den udefra kommende støj et problem. Ved nybyggeri og i forbindelse med modernisering kan støjproblemet i nogen grad løses ved at anvende særligt lydisolerede vindues-

konstruktioner. Men som grundlag for valg af egnede vindues- og facadekonstruktioner er der behov for en enkel og rimelig pålideligt akustisk dimensioneringsmetode. Ved hjælp af modellforsøg og simulering af vejtrafikstøj er lydisolationens afhængighed af lydens indfaldsvinkel og støjens spektrale karakter blevet nærmere belyst.

Arbejdet blev indledt ved LA med en teoretisk og eksperimentel analyse af de forskellige parametres indflydelse. På grundlag heraf er arbejdet fortsat med udvikling af en enkel metode til bestemmelse af den nødvendige lydisolation for vinduer og facader, og i 1980 er der offentliggjort et forslag til en sådan dimensioneringsmetode, som er så gennemarbejdet, at den umiddelbart skulle kunne anvendes - også af ingeniører, der ikke er specialister på området. For at opnå en acceptabel nøjagtighed ved beregningerne har det vist sig nødvendigt at tage et vist hensyn til den udendørs støjs spektrale karakter og til lydisolationens større eller mindre frekvensafhængighed for de enkelte dele af facaden. Derimod er lydets indfaldsretning normalt uden væsentlig betydning.

Støj i skibe

På LA arbejdes der ikke alene med det akustiske indeklima i bygninger, men også i skibe. Der har således i en årrække været arbejdet med undersøgelser af lydudbredelse i skibsstrukturer, både eksperimentelt i form af modellforsøg og teoretisk ved anvendelse af statistisk energianalyse (SEA). Støjproblemerne skyldes primært støj fra motor og propeller, idet støjen transmitteres i form af vibrationer gennem skibets stålkonstruktion til apteringen, hvor lyden udstråles fra de vibrerende flader.

På projekteringsstadiet er der flere muligheder for at dæmpe støjen, og én af de undersøgte er anvendelse af specielle sandwichdæksbelæggninger til at dæmpe lydudstrålingen fra dæk og apteringsskoder.

I de senere år har LA kunnet yde konsulentbistand ved bygning af en række nye skibe, hvoraf kan nævnes færgerne »Povl Anker« og »Jens Kofoed« til Bornholmstrafikken samt tre nye Inter-city-færger til DSB, hvoraf den første blev leveret i sommeren 1980 (figur 13). Arbejdet omfatter alle de akustiske forhold ombord i færgerne, samt udarbejdelse af forslag til nedbringelse af støjen i udsatte områder. Beregningerne baseres i væsentlig grad på metoder, der er udviklet på laboratoriet.

Figur 13. DSB's nye Inter-city færge. Oversigt over den langskibs udstrækning af støjdæpende foranstaltninger.

